

러키 압출코팅용 PE 특성과 가공

김덕주 / (주)러키 고분자연구소 기술센터 PE TS/D 연구원

목 차

- 1. 러키 PE수지 기본물성
- 2. 러키 PE 압출코팅 가공
 - 2-1. 수지물성과 가공특성
 - 2-2. 압출코팅기
 - 1) 압출기 스크류
 - 2) 다이
- 3. 맺음말

1. 러키 PE수지 기본물성

PE는 분자구조(분지 유무)에 따라 물성이 달라지는데 분자구조를 조절하고 첨가제를 사용하여 물성을 조절함으로써 일정 용도에 맞는 제품을 제조한다.

일반적으로 PE의 3대 기본물성은 ▲용융지수(Melt Index:MI) ▲밀도(Density) ▲분자량분포(MWD) 등인데 여기서 MI는 수지의 유동성을 나타낸 것이다. 일반적으로 MI가 증가함에 따라 인장강도, 신장률, 충격, 내환경응력균열성, 용융점도, 용융점탄성 등이 감소하게 된다. 밀도는 수지의 특성을 결정하는데 매우 폭넓게 이용되고 있는데 기본적으로 PE수지의 결정화도를 알려주며, 밀도가 크면 결정화도도 크며 분지수는 낮게 나타난다.

[표1]에 PE압출코팅시 기본수지 물성과 제품물성에 대한 관계를 표시

하였다.

PE는 분자량이 서로 다른 분자들로 구성되어 있다. MI와 밀도가 같은 PE라 하더라도 분자량분포가 다르면 가공성과 물성에 현저한 차이가 난다. 일반적으로 분자량분포도 (Molecular Weight Distribution, MWD)는 다음 식으로 정의된다.

$$MWD = \frac{Mw(\text{중량평균 분자량})}{Mn(\text{수평균 분자량})}$$

$$Mn = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} Mi Ni}{\sum_{i=1}^{\infty} Ni}$$

$$Mw = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} Mi^2 Ni}{\sum_{i=1}^{\infty} Mi Ni}$$

(Ni는 분자수, Mi는 분자량)

분자량 측정에는 보통 GPC(Gel Permeation Chromatography)가 이용되고 있다.

러키 폴리에틸렌은 상기의 PE 3대 기본물성을 충분히 만족시키는 최상의 제품을 고객에게 공급하고 있다.

2 러키 PE 압출코팅 가공

플라스틱 코팅은 1950년대 후반 미국의 DuPont사에 의해서 처음 시도된 이후 일반산업용 포장지 등에 폭넓게 사용되고 있다.

일반적으로 코팅이라 하면 적층(Lamination)에 모두 포함되는 기술로써 사용 용도에 적합한 수지나 원지

[표 1] PE의 압출코팅시 물성

수지물성 제품물성	밀도가 증가하면	MI가 증가하면
인열강도	▲	▼
냄새	□	□
경도(내마모성)	▲	▼
내유성	▲	□
표면광택	▲	□
강성	▲	▼
뽀함성	□	▲
네크-인	▲	▲
접착성	□	▲

[표 2] 분자량 분포 범위에 따른 물성 변화

물 성	분자량 분포가 좁을 경우	분자량 분포가 넓을 경우
내충격강도	▲	-
내한성	▲	-
장시간 하중에 대한 내성	▲	-
용융강도	-	▲
용융탄성	-	▲

(Substrate)에 따라 ▲습식적층(Wet Lamination) ▲열융착적층(Hot Melt Lamination) ▲압출코팅(Extrusion Coating) ▲압출적층(Extrusion Lamination) ▲건식적층(Dry Laminator) 등으로 분류된다.

이중에서도 용융수지를 압출성형하여 기재에 적층시키는 압출코팅은 중요한 기술로써 본고에서는 주로 압출코팅에 대하여 설명하기로 하고, 압출코팅에 주로 많이 사용되고 있는 PE계 수지중 럭키 폴리에틸렌(LUTENE®) 압출코팅 제품에 대해서 서술하고자 한다.

또한 PE를 기본수지로 할 경우 PE의 기본물성과 압출코팅과의 상관관계 및 압출코팅시 주요하게 나타나는 제품의 특성 등에 대해서 설명하고 압출코팅 기계의 구성에 대해서도 간략한 설명을 하기로 한다.

2-1. 수지물성과 가공특성

압출코팅에 사용되는 수지는 대개 LDPE로써 LDPE의 경우에는 다른 올레핀계 수지에 비하여 분자량분포의 조절이 쉬우며 장쇄분지(Long Chain Branching)가 많은 것이 특징이다. 이런 특성이 압출코팅의 가공성 지배인자가 되며, LDPE 기본

물성중 MI, 팽윤비(Swelling Ratio: SR) 및 밀도 등이 기본인자가 된다.

또 생산성에 직접적인 관련이 있는 용융장력(Melt Tension:MT)은 고속 가공성의 지배인자가 된다.

고속가공성의 지배인자인 용융장력은 PE의 유동특성을 나타내는 인자로서 인플레이션(Inflation) 성형 가공이나 압출코팅의 성형가공 같이 용융수지가 연신되면서 성형되는 공정의 가공성과 직접 관계가 된다.

[그림1]에 럭키 폴리에틸렌 압출코팅 제품의 용융장력을 도시하였다. 이것은 소형 압출기를 이용하여 압출량을 일정하게 한 후 연신장치를 이용해 용융 연신장력을 측정한 것으로 MI가 크고 팽윤비가 작은 수지일수록 용융장력은 작아지게 된다. 용융장력이 작은 수지일수록 고속가공이 우수해지는 특징이 있다. 반면 용융장력이 너무 작게 되면 네크-인이 커지게 되어 가공시 불량요인이 된다.

럭키 폴리에틸렌 압출코팅제품은 네크-인을 최소화하고 고속가공성의 장점을 최대한 살린 제품이다.

2-2. 압출 코팅기

기본적으로 압출코팅기는 크게 두 가지 주요 기능으로 나누어지는데 우선 용융수지를 만들어 보내는 압출기와 다이(die) 기능이 있고, 두번째는 압착물과 냉각롤 사이에서 용융수지막과 기재를 붙이는 기능이 있다. [그림2]에 압출코팅의 공정을 소개하였다.

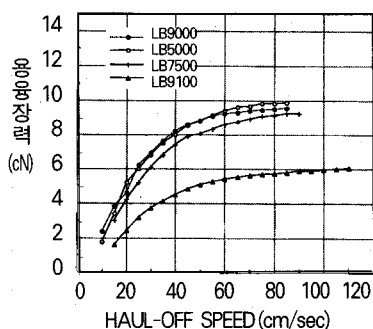
1) 압출기 스크류(Screw)

압출코팅에 사용되는 압출기 스크류는 대개 L/D가 30:1 정도이다. 실제로 수지를 용융시키는 스크류의 길이는 호퍼로부터 배럴의 끝까지 이르는 부분으로 공급부(Feeding), 압축부(Compression), 계량부(Metering)의 세 부분으로 나뉘어진다.

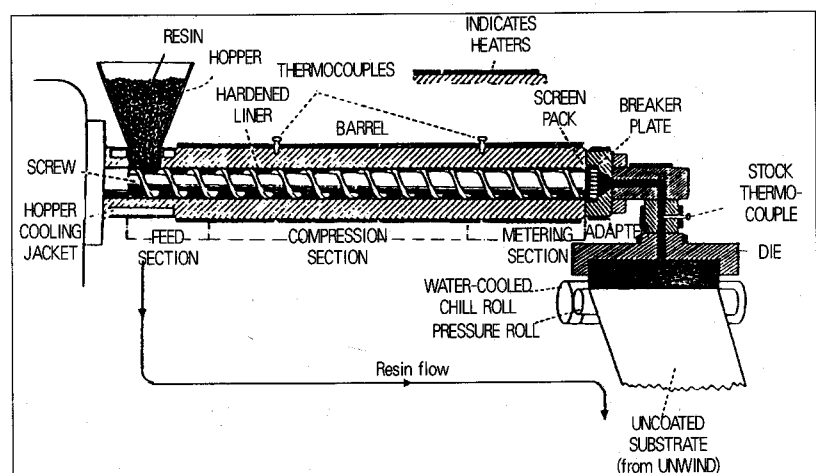
2) 다이(Die)

압출코팅 공정에 사용되는 다이는 T자형의 다이로써 보통 T-다이라고 한다. T-다이는 용융수지의 흐름 경로에 따라 단층에서 여러 층(Multiple Layer)의 분리흐름 공압출 다이까지 종류가 다양하다.

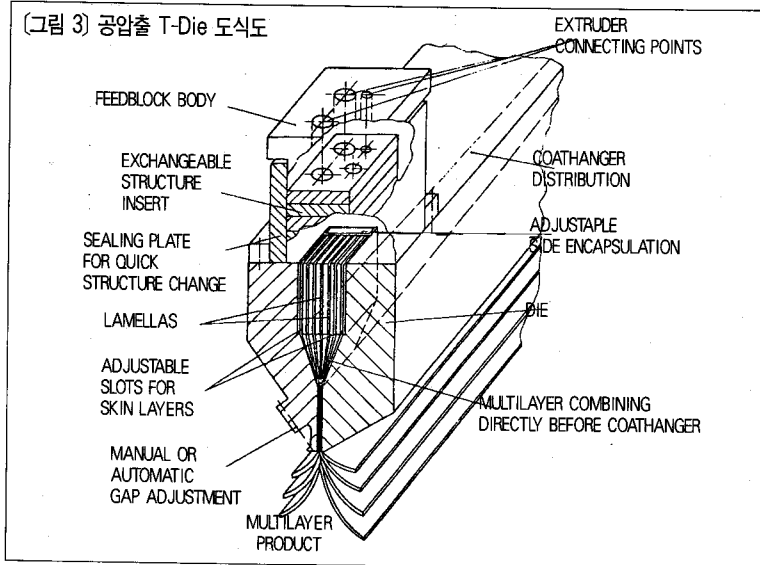
[그림1] 럭키 폴리에틸렌 압출코팅 제품의 용융장력



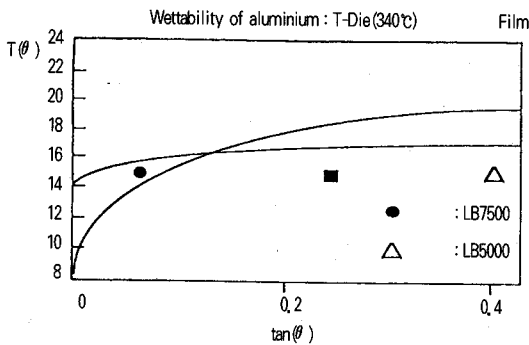
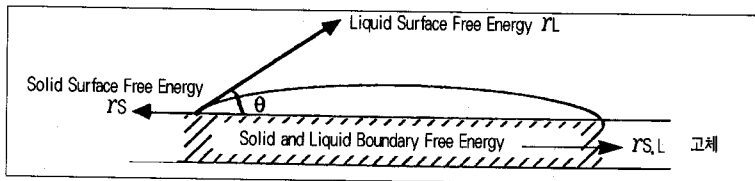
[그림 2] 압출코팅 공정도



(그림 3) 공압출 T-Die 도식도



(그림 4) 럭키 폴리에틸렌 제품의 접착특성 예측



- 1 : AL Foil의 광택면
- 2 : AL Foil의 무광택면

$$T(\theta) = \frac{\gamma_1^p (1 + \cos \theta)}{\sqrt{\gamma_s^d}}$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma_1^p}{\gamma_1^d}$$

γ_1^p = polar part of liquid surface tension

$\tan(\theta)$ = polarity

γ_s^d = dispersive part of solid surface tension

2-3. 가공성 변화인자

1) 고속가공성

고속가공성이란 어느 정도의 속도로 용융 수지막을 얇게 연신하여 기

재에 도포할 수 있는가 하는 척도이다. 대개 이런 고속가공성은 고분자의 기본물성과 매우 큰 상관관계가 있어서 MI가 크고 용융장력이 작은

수지일수록 고속가공성은 좋아지게 되며, 분자량분포가 좁고 장쇄분자가 적은 수지가 고속가공성에 유리하다. 이 고속가공성에 관련된 사항은 럭키 폴리에틸렌 용융장력 도표를 참고하기 바란다.

2) 네크-인 (Neck-in)

수지가 용융되어 흐르면서 압출코팅기의 다이폭과 용융수지막의 폭 차이를 '네크-인'이라고 한다. 보통 네크-인이 크게 되면 용융수지막의 양 끝이 두꺼워져 (edge bead) 기재의 손실 원인이 된다.

일반적으로 압출코팅 용도의 수지는 낮은 네크-인이 요구되는데 이것은 기재와 용융수지를 버리는 것 (Trimming Loss)을 줄이며 다이에서 더 큰 폭으로 기재에 용융수지를 코팅할 수 있기 때문이다.

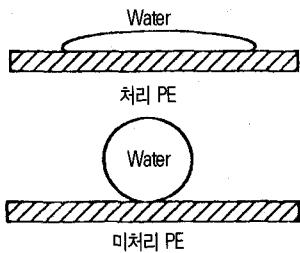
3) 접착성 (Adhesion)

기재에 PE막을 어떻게 하면 강력하게 접착시킬 수 있는가 하는 것이 압출코팅 성형의 중요 인자이다. 압출코팅에서 Kraft지와 같은 섬유질 표면에 PE를 압출하여 코팅할 경우 기재와 PE는 기계적 결합에 의해 단순 접착이 된다.

접착성에는 기재의 표면구조와 용융수지의 침투성 (Wettability)이 영향을 미친다. 럭키 폴리에틸렌 압출코팅제품은 이런 용융수지의 침투성을 살려 어떤 기재에도 적절한 가공 조건에서 최대한의 접착강도가 나오도록 설계된 제품이다.

일반적으로 접착이란 2개의 물체가 접촉면을 가지고 붙게 하면 그 사이에 친화력 (Attraction)이 작용하여 접촉한 면을 떼어내는데 힘이 필요하게 된다. 결국 친화력과 접촉면의 떼어내는 힘은 동일한 것으로써 이 친

화력을 접착력이라 한다. 다시 말해 친화력이란 접착면의 원자 내지 분자의 끌어당기는 힘이라고 할 수 있다. 또한 침투란 물이 물건을 적시는 것과 같은 현상을 말하며, 젖음의 좋고 나쁨은 친화력의 좋고 나쁨을 말하는 것이다. 예를 들면 전기적 처리를 한 PE와 아무런 처리가 되지 않은 PE에 물을 낙하(Dropping)하면 아래 그림과 같은 차이가 있다.



(그림4)는 럭키 폴리에틸렌 제품의 접착특성에 대한 예측도면이다.

그림에서 접착력에 관련된 일반식 $W_{LS}(\gamma_L(1+\cos\theta))$ ①

W_{LS} : work of adhesion

또한 원지의 surface energy를 얻기 위해서

$$\frac{W_{LS}}{2\sqrt{\gamma_L^d}} = \sqrt{\gamma_S^d} + \sqrt{\gamma_S^p} \frac{\sqrt{\gamma_L^p}}{\sqrt{\gamma_L^d}} \dots\dots\dots②$$

언어진 원지의 surface energy 값을 spreading coefficient 개념에 연관하여

$$\tan \theta = \frac{\gamma_L^p}{\gamma_L^d} \dots\dots\dots③$$

$$T(\theta) = \left(\frac{\sqrt{\gamma_S^d \cos \theta} + \sqrt{\gamma_S^p \sin \theta}}{\cos \theta + \sin \theta} \right)^2 \dots\dots\dots④$$

식 ③, ④를 적용하여 $\tan \theta$ 와 $T(\theta)$ 로 구한다. 그림에서 보듯이 LB5000 제품의 Polarity가 LB7500

제품에 비하여 높게 나타나고 접착 영역 내에 있으므로 상대적으로 접착 강도가 높음을 예측할 수 있다.

일반적으로 압출코팅시 접착 촉진제(Anchor Coating:AC제) 처리를 많이 하는데 접착촉진제 처리를 하면 접착력은 우수해지는데 반면 압출코팅시 접착제의 냄새 등이 발생하는 단점이 있으며, 잘못 사용하면 경시변화에 의한 박리현상이 일어날 수가 있다.

3. 맺음말

이상 압출코팅에 대해서 럭키 폴리에틸렌의 가공특성을 중심으로 서술하면서 압출코팅기의 중요부분과 가공적성 PE 수지의 기본물성에 대하여 알아 보았다.

물론 범용으로 사용되는 PE수지

는 기계적 특성과 가공성이 우수하고, 가격면에서 저렴하여 많이 사용되고 있지만 극성기를 가진 다른 에틸렌 공중합체에 비하여 접착성, 인쇄성 등이 떨어지는 단점도 있다.

럭키 폴리에틸렌은 범용수지로의 용도뿐만 아니라 이러한 단점을 보완하여 최종 고객의 요구수준을 만족시키기 위한 제품 생산에 최선의 노력을 하고 있다.

[참고문헌]

1. 박수룡, 초저밀도 폴리에틸렌(VLDPE), 럭키고분자기술, NO. 11, 36(1989)
2. 이린, 폴리에틸렌 제조공정, 럭키고분자기술, NO. 11, 10(1989)
3. 김덕주, 적층(LAMINATION), 럭키고분자기술, NO. 18, 20(1991)

[표3] 럭키 폴리에틸렌(LUTENE®) 압출코팅 제품

항 목	제 품	단 위	시험방법 ASTM	LB 7500	LB 5000	LB 9000	LB 9100	LB 9300
용융지수 (Melt index)		g/10min	D1238	7.5	5.0	4.0	10	25
밀 도 (Density)		g/cm ³	D1505	0.918	0.918	0.923	0.923	0.922
용융온도 (Crystalline melting point)		°C	DSC	105	105	114	114	113
항 복 점* 인장강도 (Break tensile strength)		kg/cm ²	D638	125	125	140	140	140
신 장 륜* (Elongation)		%	D638	600	600	550	550	560
적 용		-	-	연포장용 OPP/ Nylon	일반 포장용 Opp/ AL/ Kraft지	특수방습 포장용 AL/ Kraft지	Tarpau lin용 일반 포장용	Car-mat back coating용 부직포 코팅

* 측정결과는 압축성형 시편으로 측정된 것임.
(상기의 측정자료는 표준치이며 안내자료이다.)

[표4] 럭키 폴리에틸렌(LUTENE®) 가공물성

항 목	제 품	LB 7500	LB 5000	LB 9000	LB 9100	LB 9300
넥-인(Neck-in)		□	○	○		
최대코팅속도 (High line speed)		○	○		○	
저온가공성		△			○	
냄 새(Odour)		○				
발 연(Smoke)		○			□	
접착강도 (Adhesion Strength)			○			
열융합강도		□			□	
투 명 성		○				
강 성(Rigidit)				△		○
내 유 성				△		△
투 습 성				○		○
적 용		-	-	-		-

○ Excellent △ Better □ Good

4. 角田 光雄, ぬねと 接着性 プラスチックスエシ, NOV.313(1990)

5. D. DJORDJEVIC, SPECIALITY PLASTICS CONFERENCE, DEC.3173(1990)

6. E. J. KALTENBACHER, J. K. LUND., SPE JOURNAL NOV.55(1967)

7. R. E. CHRISTENSEN, PALS. ENG., JUNE(1991)

8. AIDA. M. JEBENS, CEH REPORT, SRI(1993)

시사용어

슬로비족

Slobbies. 우리나라에서도 자전거를 타는 운동이 확산되고 있다. 환경보호 측면도 있지만 한국인의 조급증을 볼 때 '빨리빨리 증후군'에서 벗어나 천천히, 그러나 보다 훌륭하게 일하는 일면이 내포되어 있는 운동이다. 독일, 오스트리아, 스위스, 이탈리아 등 이미 유럽에서는 현대생활이 속도를 늦추어 천천히, 그리고 느긋하게 살자는 주의자들이 늘고 있다. 일명 '슬로비족'이라 불리는 이들은 농사를 지을 때의 리듬처럼 현대 도시생활도 리듬을 가지면서 '시 테크'를 통해 시간을 알뜰히 찾자는 주의자들이다. 현재 이 운동은 전 유럽으로 확산, 자전거타기 붐을 일으키고 있다.

시피(Cipie)족

시피(Cipie)는 개성, 지성, 전문성을 뜻하는 Character, Intelligence, Professional의 약자. 이들은 오렌지족의 소비지향적이고 감각적인 문화행태에 반발, '지적 개성'을 강조하고 '심플라이프'를 추구하는 신세대 젊은이들이다.

거품족

우리경제가 홍청거리던 86~90년 무렵의 거품(Bubble)경제시기에 입사했거나 대학생살을 보낸 8년 차(대리급) 이하의 젊은 직장인 가운데 무용한 사원들을 가리키는 말.

이들의 특징은 '무관심, 무경쟁, 무능력'의 3무로 조직에 대한 충성심은 없고 모든 책임은 회사에 돌리며 주어진 업무 이외의 일은 좀처럼 찾아하지 않고 회사의 손익에 대한 원가의식이 없는 등 부정적인 측면이 많다.

社畜(사축)

회사가 기르는 짐승, 즉 社畜은 일본 회사원들이 스스로를 家畜에 비유해 부르는 신조어.

야생짐승이 집에서 길러지면 야성을 잃은 가축이 되듯이 입사 이래 몸도 마음도 회사에 매여 자립심을 잃어가는 자신들이 가축과 비슷한 처지의 짐승, 즉 사축이 되어간다는 말이다.